

令和 6 年 6 月 11 日現在

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19H00795

研究課題名（和文）要介護高齢者の脳活動と表情測定による視覚-嗅覚-聴覚を考慮した空間評価手法の提案

研究課題名（英文）The proposal of the spacial evaluation method by measuring the brain activity and face expression of elderly people requiring care

研究代表者

孔 相権（Koh, Syohken）

山口大学・大学院創成科学研究科・准教授

研究者番号：80514231

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 24,000,000円

研究成果の概要（和文）：新型コロナウイルスの影響により大幅な研究計画変更を余儀なくされた。調査対象予定であった特別養護老人ホームでの実験が研究期間中3年間実施不可能となったため、実験室内でより精緻に健康高齢者と健康若年者の脳活動を測定し、高齢者と若年者の脳活動の差異を検証した。高齢者と若年者に全く同一の視覚-聴覚情報を提示し、脳全域の脳活動をfMRIで測定した結果、脳の特定領域において高齢者と若年者間に統計的に有意に脳活動の差異が認められた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

同一刺激に対し、高齢健康者と若年健康者間で脳活動に相違が認められたということは加齢により人間の空間認知に差異が発生する可能性が高いことを示唆する。これは、空間の嗜好にも影響を及ぼすことが予想され、施設側が想定する高齢者にとっての望ましい空間と実際に居住する高齢者が望ましいと感じる空間に齟齬が生じている可能性がある。そうした齟齬を埋める際、本研究で得られた成果は有用であり社会的意義を有すると考える。

研究成果の概要（英文）：Due to the impact of the new coronavirus infection, we were forced to make major changes to our research plans. The experiment at the nursing home that was planned to be the subject of this study could not be carried out for three years during the research period. Therefore, we conducted a more precise measurement of the brain activity of healthy elderly and healthy young people in the laboratory as an alternative experiment, and we analyzed the differences in brain activity between elderly and young people.

As a result of presenting the same visual and auditory stimulation to elderly and young people and measuring the activity across the brain by using fMRI, it could be confirmed that there was a statistically significant difference in brain activity between the elderly and young in specific brain regions.

研究分野：建築計画

キーワード：脳血流 表情 空間評価 高齢者 健康者

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

<当初の研究計画背景>

少子高齢化が進行している我が国において、高齢者施設や高齢者住宅に関する既往研究は多数蓄積されており、高齢者施設の居住環境は著しく向上した。多くの既往研究は、施設内で多様な行為を見せる軽度要介護高齢者を調査対象に行動観察調査を実施し、住環境改善に有用なデータを得ている。しかし、今後増加が見込まれる寝たきりの重度要介護高齢者と空間を含む外環境との関係について考察を行った既往研究は少ない。重度要介護高齢者を対象とした研究が蓄積されない理由としては、重度要介護高齢者は外環境（本研究では、本人を取り巻く空間領域の様々な状態（例えば、物、人、音、においなど）という意味で外環境を定義する）に働きかける能力が低下しているため、建築計画学で空間評価を行う際に非常に良く使われる行動観察調査によって、重度要介護高齢者の行為と空間の関係を読み解き、空間評価を行うことが極めて困難であるためと考えられる。一方、医学・生理学データを得るための医療機器は技術の進歩によりフィールドワークに携帯できる程度に小型化したものも出てきており、医学系研究者と建築系研究者が学際的研究チームを構築することにより、今まで困難であった重度要介護高齢者の空間評価を医学・生理学的データより行うことが十分に可能ではないかと考えるようになった。そこで、本研究では要介護高齢者を対象に重度化により潜在化した微細な変化を、医学・生理学分野の計測手法や新たな測定機器を導入することにより顕在化させることで新たな空間評価手法を検討するよう当初研究計画を立案した。

<研究計画変更後の研究背景>

本研究課題は2019～2023年度の5年間で実施予定であった。研究期間内の2019年末から新型コロナウイルス感染症が流行し、研究期間最終年の2023年5月に感染症法の2類相当から5類に移行されるまで高齢者施設で要介護高齢者を対象に研究・実験を実施することが不可能となり、研究計画の大幅な変更を余儀なくされた。高齢者施設で要介護高齢者を対象に実施した実験を大学生などの若年健常者にも実施し、要介護高齢者のデータと若年健常者のデータを比較することにより被験者の代替可能性を検討することも当初研究計画には含まれていたため、研究計画を大幅に変更し、実験室環境で健常高齢者と健常若年者の脳活動の差異を精緻に検証する方向に特化した研究を進めることになった。

2. 研究の目的

当初予定では、重度要介護高齢者の微細な変化を、医学・生理学分野の計測手法や新たな測定機器を導入することにより顕在化(見える化)し、顕在化された変化の意味を明らかにすることが本研究の目的であった。しかし、上記の背景より要介護高齢者を対象とした実験が社会情勢により実施不可能となったため、実験室環境において健常高齢者と健常若年者の脳活動の差異を精緻に検証することにより認知構造の差異を明らかにし、高齢者の認知構造に基づく空間計画手法を考察することが本研究の研究計画変更後の目的となる。

3. 研究の方法

3-1. 実験実施環境

当初予定では調査許可を得ていた特別養護老人ホームにおいてNIRSを用い要介護高齢者の前頭前野部の脳活動と表情を測定予定であった。視覚・嗅覚・聴覚刺激に対する表情・脳活動を測定予定であり、視覚については表1の本研究期間内の研究実施内容に示す通り、新型コロナウイルス感染症流行前であったこともあり、特別養護老人ホームにおいて要介護高齢者を対象に図1に示す実験モデルで実験を実施した。また、図1に示すモニタ部分を臭い噴霧器と臭気計に変更すると嗅覚実験になるのであるが、2020年度に健常大学生、2021年には有料老人ホームに入居する健常高齢者を対象に実験を実施した。

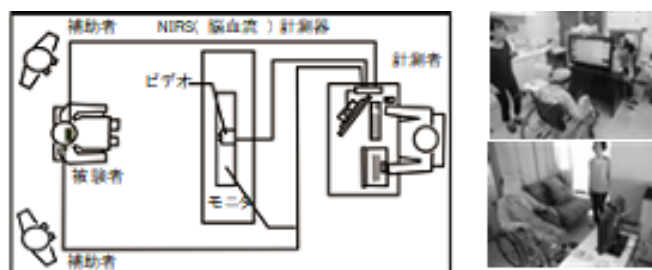


図1.当初実験(視覚)のモデル図

表1.研究期間内の研究実施内容の変遷

	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度
当初実験 表情+NIRS	特別養護老人ホームでの視覚実験	健常大学生を対象とした嗅覚実験	健常高齢者を対象とした嗅覚実験	当初実験を断念	
代替実験 fMRI		コロナ下の社会情勢を検討し研究計画の変更を検討	被験者 若年者2名 高齢者1名	被験者 若年者2名 高齢者4名	被験者 若年者4名 高齢者0名

表 2.fMRI 撮影パラメータ



写真1 実験の様子

MRI装置:シーメンス社製 Verio3T	
機能画像	構造画像
Multiband gradient-echo echo planar imaging	Magnetization prepared rapid-acquisition gradient-echo
TR=2,000ms	TR=2,250ms
TE=30ms	TE=3.06ms
FA=80deg	IT=900ms
Multiband factor=3	FA=9deg
Partial Fourier factor=6/8	Field of view=256*256mm
Field of view=100*100	Voxel size=1*1*1mm
Voxel size=2*2*2mm	実験用設備利用
Total scan=235scans	視覚刺激有り
Total run=2runs	聴覚刺激有り

2019 年度に実施した研究結果は日本建築学会中国支部研究報告集にて「生理指標を用いた空間評価手法に関する基礎的研究 その5、その6」で発表・発刊済み(2023.3)である。2020 年度以降は嗅覚実験を実施予定であり高齢者施設側から実験への協力の内諾も得ていたが、新型コロナウイルス感染症の影響で実験実施が不可能となる。健常大学生、健常高齢者を対象に嗅覚実験を実施し、要介護高齢者施設での実験準備を進めるものの実験再開の目途が立たないため2022年度に当初実験の実施を断念することとした。2020 年度から当初計画が実施不可となった場合の代替実験は研究班内で検討しており、前頭前野部だけではなく脳全域で脳活動を精緻に分析したいという提案を受けたため、2021 年度から研究計画の変更を行い実験室環境において健常高齢者と健常若年者を被験者とし fMRI を用い脳全域の脳活動を測定した。(株) ATR-Promotions(以下:ATR)に実験委託し、ATR の実験室まで被験者に来てもらうことにより所定の実験を実施した。実験実施時の fMRI 撮影パラメータを表2、実験風景を写真1に示す。

尚、本研究課題最終報告書では紙面の制約上、当初実験の一部については既に学会で発表済みであるため割愛し、これ以後、代替実験を中心に報告書をまとめることとする。

3-2. 実験内容

上述した fMRI が設置された ATR 実験室において、実験刺激に実験条件として視覚：調理シーン+聴覚：調理音の動画を10種類(各動画の継続時間30秒)及び統制条件として視覚：調理シーン+聴覚：ノイズ音の動画を10種類(各動画の継続時間30秒)の2パターンの動画を用意し、被験者に動画を受動的に見てもらい動画視聴時の脳活動を計測した。実験の流れとしては、被験者に対して実験者がインフォームドコンセントを実施し同意書を作成し、実験協力の同意が得られた場合は実験前のアンケートを実施した。その後、着替えを行った後にMRI室に入室し撮影準備に入ることになる。撮影準備及びMRI計測についてはATRに所属する技師が担当し、機能画像 run1 の視聴、run 間のレストタイム、機能画像 run2 の視聴、構造画像の撮影という流れで計測を実施した(図2)。計測終了後はMRI室退室、着替え後に調査後のアンケート調査に回答してもらい被験者1名の実験終了となる。被験者1名に対して実験に要する所要時間は90分程度となる。尚、本研究は健常高齢者、健常若年者の脳活動データを測定するため、京都大学工学部倫理委員会(承認番号202213)及びATRの倫理審査委員会の承認を受け、実験を実施している。

3-3. 被験者数

本研究課題は新型コロナウイルス感染症流行の影響を受け、大幅な研究計画の変更を行ったため、実験期間は2021~2023年度の3年間で実施した。実験初年度となる2021年度は健常若年者2名、健常高齢者1名の計3名の実験を実施した。2022年度は、健常若年者2名、健常高齢者4名の計6名、2023年度は、健常若年者4名、健常高齢者0名の計4名の実験を実施した。3年間の累計として健常若年者8名、健常高齢者5名の計13名の脳活動を測定し、同一刺激を受けた際の高齢者と若年者の脳活動の差異を検証した。

4. 研究成果

4-1. 高齢者が若年者よりも有意に賦活化した脳領域

図3に実験で高齢者の方が若年者よりも有意に脳活動が賦活化した領域を示す。小脳、上・中前頭回、楔前部、角回・下頭頂葉に有意差を確認することができる。有意差を確認できた脳領域の機能を整理すると、小脳は主に運動の調節・姿勢の維持などに関わるとされてきたが、近年の

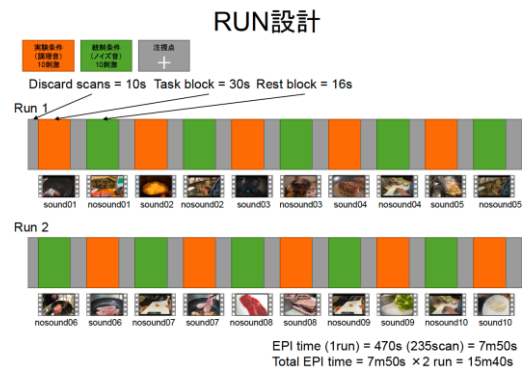


図2.RUN設計

研究で、その他の高次脳機能（感情・情動の制御、認知機能（学習、記憶、言語、注意、意思決定など））に関わることがわかりつつある。上・中前頭回は脳の前頭葉に位置し、主に高次の認知機能や社会的行動に関与する領域であるとされており、主に5つの機能（①実行機能、②認知的柔軟性、③社会的行動の調節、④意思決定、⑤言語処理）を持つ領域である。これらの役割を通して、上・中前頭回は人間の高次の認知機能や社会的行動の制御に重要な役割を果たしている。楔前部は、視空間イメージ、エピソード記憶の再生、無意識下の情報処理、情緒的な記憶想起、自己認識に関わる領域とされており、今回有意差が出た右楔前部は主観的幸福感にも関わるといふ最新の研究も報告されている。角回・下頭頂葉は聴覚や言語処理に関与する領域とされており、主に5つの機能（①聴覚情報処理、②言語処理、③記憶、④視覚と多感覚統合、⑤感情の処理）を持つ領域である。これらの機能を通して、角回・下頭頂葉は聴覚処理、言語処理、記憶、多感覚統合、感情処理など非常に複雑な認知プロセスに関与している。

4-2. 若年者が高齢者よりも有意に賦活化した脳領域

図4に実験で若年者の方が高齢者よりも有意に脳活動が賦活化した領域を示す。下前頭回、上側頭回、聴覚野、島皮質、運動野、中帯状回に有意差を確認することができる。有意差を確認できた脳領域の機能を整理すると、下前頭回は、脳の前頭葉の下部に位置する部位であり、高齢者で有意に賦活化した上・中前頭回の下部にあたり、上・中前頭回と同様に様々な高次の認知機能に関与しているが、下前頭回は特に情動制御、自己制御や情動の調節、ストレス応答の管理に影響を及ぼすとされている。上側頭回は、高次の聴覚情報処理を行う領域であり、左側は言語の認知、右側は音楽・環境音の認知を司る。本研究では右側に有意差を確認することができた。聴覚野は、聴覚に関わる大脳皮質の領域で聴覚伝導路の最高中枢を担っている。島皮質は、脳の側頭葉の深部に位置しており、主に5つの機能（①多感覚統合、②内臓感覚処理、③情動処理、④自己意識、⑤言語処理）を通して、様々な感覚情報の統合や内臓感覚の処理に関与している。運動

Old vs. Young: $p < 0.010$

Young vs. Old: $p < 0.010$

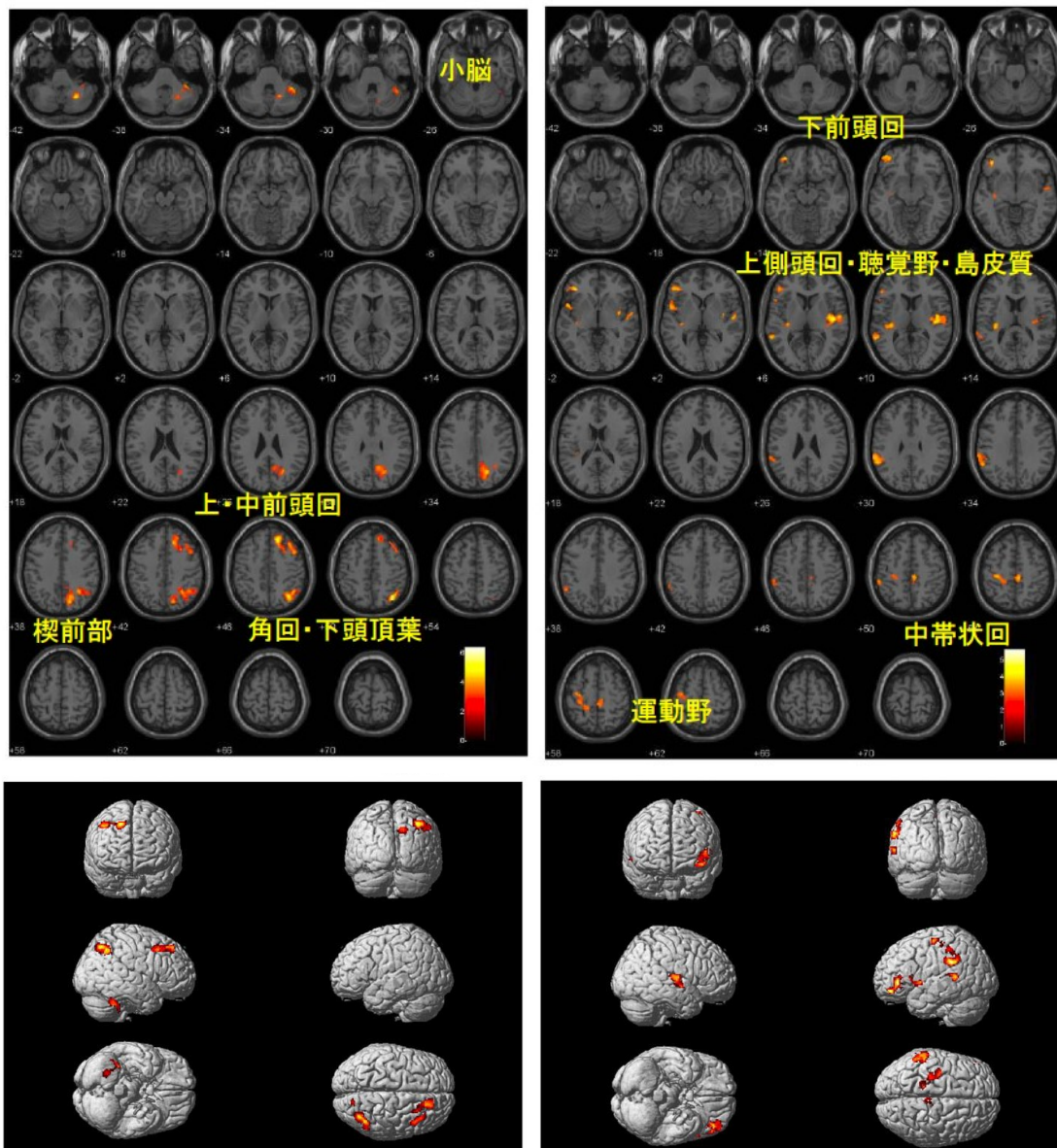


図 3. 高齢者が有意に賦活化した脳領域

図 4. 若年者が有意に賦活化した脳領域

野は、運動の開始と調節に関わる脳領域である。中帯状回は、側頭葉の内側に位置する領域であり、主に5つの機能(①言語処理、②運動制御、③空間的処理、④認知機能、⑤情動処理)を通して、物体の位置や方向の把握、空間的な注意の制御など空間的認知や処理に関与している。

4-3. 高齢者の実験条件と統制条件間で有意差が発生した脳領域

図5に実験条件と統制条件間で高齢者の脳活動に有意差が発生した領域を示す。島皮質、上側頭回、聴覚野、角回・下頭頂葉で有意差を確認することができた。有意差が発生した領域の脳機能は既に上述しているためここでは説明を割愛する。

4-4. 若年者の実験条件と統制条件間で有意差が発生した脳領域

図6に実験条件と統制条件間で若年者の脳活動に有意差が発生した領域を示す。島皮質、上側頭回、聴覚野、視覚野、中帯状回で有意差を確認することができた。視覚野は、視覚情報処理に関わる一次視覚野、より高次の情報処理に関わる視覚連合野(二次~五次視覚野)があり、形態視情報と空間視情報を認知し、さらに他感覚情報と視覚情報を統合しイメージを作り出す領域であるとされている。他の有意差が発生した領域の脳機能は既に上述しているためここでは説明を割愛する。

4-5. まとめ

以上の研究成果をまとめると、全く同じ視覚情報と聴覚情報を高齢者と若年者に提示し比較した結果、賦活化した脳活動領域に有意差を確認することができた。また、視覚情報と聴覚情報が一致している状態と一致していない状態でも脳活動に差異が発生することが明らかとなった。差異が発生した脳領域の機能を若年者と高齢者間でまとめたものを表3に示す。若年者は、目、耳など五感からの入力が強く、好き嫌い、快不快とリンクした情報処理を行っていると考えられ、五感の情報処理に関連する脳領域での脳活動が強く現れる。一方、高齢者は若年者と異なり、五感からの入力が衰えているため過去の心地良い記憶と現在の体験をリンクさせ情報処理を行っていると考えられ、高次認知機能、多感覚統合、感情処理などの複雑な認知プロセスを処理する脳領域での脳活動が強く現れる傾向がある。本研究課題で得られた知見を高齢者施設計画に展開することにより要介護高齢者のQOL向上を目指すと共に、多様な環境で実験を行いより精緻に高齢者の認知構造を分析し脳活動に基づく客観的な空間評価手法を確立することが今後の課題となる。

表3. 賦活化された脳機能のまとめ

	賦活化された脳機能のパターン
高齢者	感情・情動機能の制御、認知機能調節 認知機能の柔軟性と実行、社会的行動の調節、意味理解・言語生成 視空間イメージ、エピソード記憶再生、自己処理(無意識情報処理)、情動的記憶呼び起こし、自己認識
	聴覚情報処理・言語処理、聴覚情報の記憶、感情の処理、多感覚統合 音楽・環境音の認知、言語化
	味覚(食べ物)課題や感情・情動系の活動や報酬
若年者	物体の位置・方向の把握。空間的な注意の制御 視覚の情報処理 環境音の認知
	聴覚に関わる大脳皮質の領域で、聴覚伝導路の最高中枢
	味やその質感の記憶などについての情報処理に関与

Old: $p < 0.010$

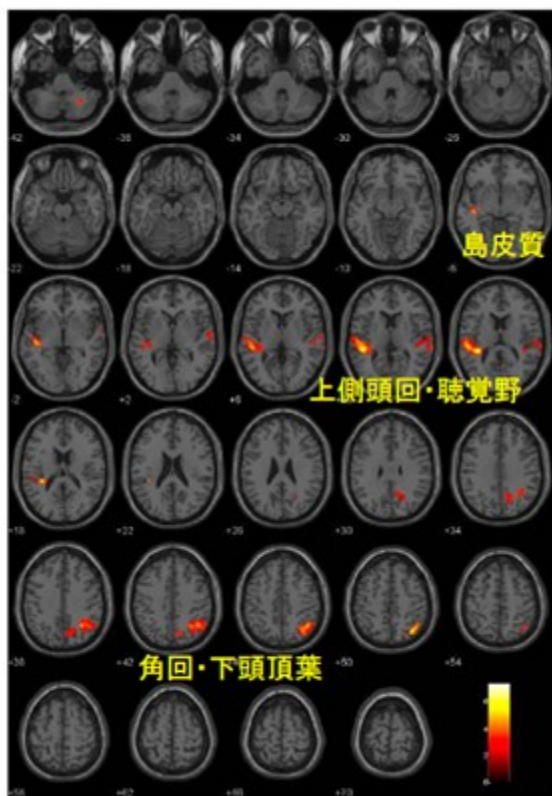


図5. 実験条件と統制条件の差異(高齢者)

Young: $p < 0.010$

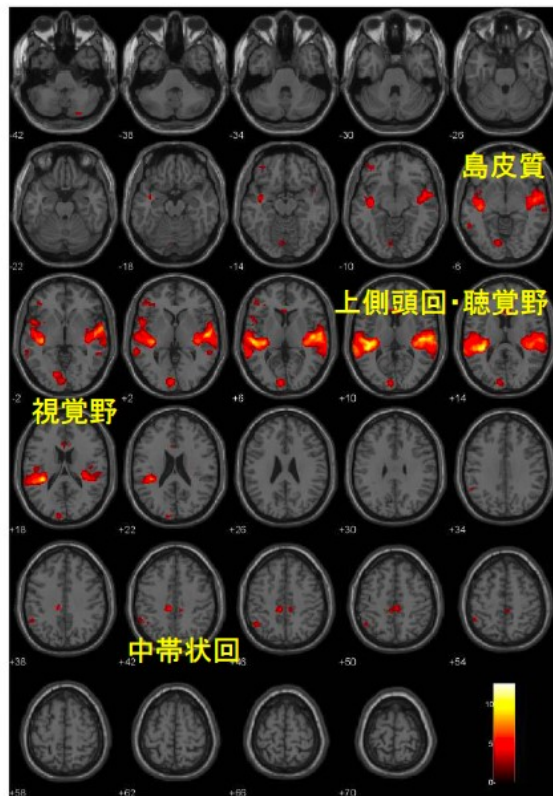


図6. 実験条件と統制条件の差異(若年者)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 孔相権、三浦研、宮崎崇文、今村行雄、村上由希、三谷智子	4. 巻 第46巻
2. 論文標題 生理指標を用いた空間評価手法に関する基礎的研究 その5 -特別養護老人ホームH園における視覚情報と表情の関係に関する実験報告-	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本建築学会中国支部研究報告集	6. 最初と最後の頁 511-514
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 孔相権、三浦研、宮崎崇文、今村行雄、村上由希、三谷智子	4. 巻 第46巻
2. 論文標題 生理指標を用いた空間評価手法に関する基礎的研究 その6 -特別養護老人ホームN苑における視覚情報と表情の関係に関する実験報告-	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本建築学会中国支部研究報告集	6. 最初と最後の頁 515-518
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 村上由希、今村行雄、三谷智子	4. 巻 31巻3号
2. 論文標題 女子大生を対象とした日本語版The Depression Anxiety Stress Scales 21 (DASS 21)の信頼性と妥当性の検討	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本健康医学会雑誌	6. 最初と最後の頁 380-389
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Yuki Murakami, Yukio Imamura, Yoshiyuki Kasahara, Chihiro Yoshida, Yuta Momono, Ke Fang, Toshimasa Nishiyama, Daisuke Sakai and Yukuo Konishi	4. 巻 Volume 14
2. 論文標題 The Effects of Maternal Interleukin-17A on Social Behavior, Cognitive Function, and Depression-Like Behavior in Mice with Altered Kynurenine Metabolites	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Tryptophan Research	6. 最初と最後の頁 1-22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1177/11786469211026639	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yukio Imamura, Yuki Murakami, Yoshihide Kimura, Osamu Maeda, Masanori Tsujii, Kei Konishi, Tomoko Nakano, Yoriko Nagai, Satoko Mitani	4. 巻 Volume 7
2. 論文標題 Information Delivery Methods and their Association with Older Adults Memory and Comprehension	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Aging Science	6. 最初と最後の頁 205-212
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 馬淵竜樹、宮崎崇文、三浦研、三谷智子、村上由希、今村行雄、孔相権	4. 巻 No.43
2. 論文標題 生理指標を用いた空間評価手法に関する基礎的研究 その3 被験者数の増加が異なる食事提供プロセスと脳血流の関係	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本建築学会中国支部報告集	6. 最初と最後の頁 549-552
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 馬淵竜樹、宮崎崇文、三浦研、三谷智子、村上由希、今村行雄、孔相権	4. 巻 No.43
2. 論文標題 生理指標を用いた空間評価手法に関する基礎的研究 その4 被験者数の増加が異なる食事提供プロセスと表情の関係に及ぼす影響	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本建築学会中国支部報告集	6. 最初と最後の頁 553-556
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 村上由希
2. 発表標題 アミノ酸・タンパク質を基点に心と脳の健康を考える
3. 学会等名 第65回日本食生活学会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三宅眞理、久保田あや子、村上由希、神田靖士、甲田勝康、西山利正
2. 発表標題 高齢者介護福祉施設におけるICTを用いた介護疲労の予防
3. 学会等名 公衆衛生学会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	宮崎 崇文 (Miyazaki Takafumi) (20802581)	愛知工業大学・工学部・講師 (33903)	
研究分担者	三谷 智子 (Mitani Satoko) (30378757)	明治国際医療大学・鍼灸学部・客員研究員 (34318)	
研究分担者	村上 由希 (Murakami Yuki) (50580106)	関西医科大学・医学部・助教 (34417)	
研究分担者	三浦 研 (Miura Ken) (70311743)	京都大学・工学研究科・教授 (14301)	
研究分担者	今村 行雄 (Imamura Yukio) (90447954)	大阪大学・大学院医学系研究科・招へい教員 (14401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------